数智时代的算法素养：构成要素、层次框架与发展模型⁻

李永明[1]，董盼盼[1]

1.山东理工大学信息管理学院，山东淄博　255000

摘要：[目的/意义]数智时代技术环境的变化对用户个人素养能力提出新要求，提升算法素养有助于用户适应算法社会的发展。[方法/过程]系统梳理算法素养的发展脉络，剖析算法素养的概念内涵，归纳算法素养的主要特征，提炼算法素养的构成要素，以算法道德伦理为底线，以认知、态度、技能为划分标准构建算法素养层次框架，结合层次框架与时间维度搭建算法素养发展模型。[结果/结论]算法素养由算法意识、算法知识、算法态度、算法能力与算法伦理构成，整合五要素组建包括认知态度层、知识储备层、技术能力层与伦理道德层的算法素养层次框架，多主体协同搭建算法素养的发展模型。

关键词：算法素养；核心素养；构成要素；层次框架；发展模型

分类号：G250

0 引言

从广义上讲，算法是基于指定计算将输入数据转化为所需输出的编码程序[1]，在娱乐、消费、旅行、通信等方面发挥中介、增强、生产与管理的作用[2]，并扮演着重要角色。以算法为基础架构与运行机制的数字应用广泛渗入用户学习、工作中，潜移默化地影响用户的日常生活、影响用户重要决策的确定、影响用户建立对周围世界的认识。一方面，算法可以为用户带来便利，如利用算法的个性化推荐减轻用户“信息过载”的负担，减少用户的信息搜索成本；另一方面，由于算法运行的“黑箱化”，算法也带来了一系列潜在风险，如算法偏见、信息茧房、算法沉溺、算法歧视、大数据杀熟等。

数智时代，算法与用户的关系更加密切、用户将与算法长期共存，然而多数用户在与算法交互过程中，并未意识到算法的存在[3]、不清楚算法的概念与功能、不了解算法工作的运行机制[4]。如何应对算法应用黑暗面、如何应对算法潜在风险、如何弥合算法数字鸿沟，主要从以下两个层面展开：一是国家政策规章制度的颁布，《关于加强互联网信息服务算法综合治理的指导意见》[5]、《互联网信息服务算法推荐管理规定》[6]都强调规范算法推荐服务、完善算法监管体系，强化科技伦理意识、算法安全意识和算法底线思维；二是从素养角度出发，为实现用户与算法的和谐共存,对用户认识、理解与应用算法提出新要求，催生出匹配数智时代的算法素养。

目前国内对算法素养的研究尚处于探索阶段，对算法素养的概念内涵、构成要素等尚未达成统一共识，尚未系统地构建算法素养的体系框架、尚未明晰不同角色的用户如何应用算法素养等。本研究旨在回答以下问题：算法素养是什么？算法素养的构成要素有哪些？如何整合构成要素搭建算法素养的层次框架？如何协同多主体发展算法素养？厘清算法素养的发展脉络、构成要素、层次框架等有助于用户算法素养的培育、算法素养水平的提高，为算法素养相关研究提供新思路。

1 源起：信息素养到算法素养的升维

1.1 经度：素养到核心素养

为探讨算法素养的本质，需要追溯到素养与核心素养的发展。为适应多元复杂的社会环境、信息技术的更新迭代，经济合作与发展组织（OECD）认为素养（Competency）是指在特定情境中利用和调动社会心理资源（包括技能和态度）来满足复杂需求的能力[7]，强调技能和态度对素养的重要性。欧盟认为素养是指在一定情境下技能、知识、态度等的综合，对个人成就、公民意识、融入社会和就业能力至关重要[8]。

⁻ 本文为山东省高等学校“青创团队计划”团队项目的研究成果，项目编号：2023RW034。

作者简介：李永明，副教授，博士，硕士生导师，E-mail:leeym@sdut.edu.cn；董盼盼，硕士研究生。

核心素养是指素养的关键要素，被认为是适用于一切情境和所有人的普遍素养[9]，OECD基于人与工具、人与社会及人与自我关系的内在逻辑提出三类核心素养即交互使用工具的能力、在异质群体中进行互动的能力、自主行动能力[10]，欧盟从知识、技能与态度三方面对八大核心素养进行阐释[7]，日本的核心素养内涵是从“知识与技能”、“思考力、判断力、表达力”和“学习态度与人格内涵”界定[11]，亦包含知识、态度与技能三个维度。核心素养涉及用户使用工具的能力、用户与其他用户有效交互的能力、用户在特定情境下的行动能力与执行能力等，这些能力的形成以知识、技能和态度等为基础。

综上所述，素养包含知识、态度与技能三方面，OECD 核心素养、欧盟核心素养与日本核心素养亦强调知识、技能与态度的重要性。核心素养是最关键、最重要的普遍素养，算法素养作为核心素养的继承与发展，被认为是核心素养延伸出的新形态[12]，以知识、技能与态度阐释算法素养具有一定的继承性、合理性与匹配性。

1.2 纬度：算法素养的发展脉络

依据技术工具的发展和社会变革，大致可以划分为信息时代、数字时代、大数据时代和人工智能时代。面对数智技术颠覆性变革与人机交互的升级、对于用户提出更高的素养要求以更好地适应时代进步，算法素养顺应新时代的发展、具备数智时代的典型特征，与信息素养、数字素养、数据素养等一脉相承、不断演化而来，是素养升维的核心方向。各素养之间既有联系又有区别，存在交叉融合的公共部分，其对用户提出的素养要求各有侧重。

信息时代，计算机的普及凸显信息的重要性，要求人们掌握应用计算机等基础设施的能力；数字时代，数字技术的广泛应用要求人们掌握理解、评价和利用数字信息的能力；大数据时代，数据量级的激增、数据的复杂化要求人们掌握数据获取、理解、分析、评估及应用数据资源的能力；人工智能时代，智能化、智慧化的人工智能产品与服务相继问世，对人们正确使用算法应用提出新要求，衍生出算法素养并逐渐成为引领性素养。

2 算法素养概念与构成要素

2.1 算法素养的概念剖析

目前对于算法素养的概念尚未统一。诸多学者对于算法素养的定义多是从单个维度或两个维度出发，如 Dogruel 在梳理其他素养的基础上，从认知维度和行为维度提出算法素养概念[13]，认知维度包括对算法的认知与知识、对算法的批判性评估，行为维度包括个人的应对行为及创造与设计能力。Koening 通过对两个不同专业的学生进行课堂实践以此探究算法素养[14]，它涉及用户如何与算法平台互动、用户对算法平台的认知程度、用户探索与反思自己的算法参与。吴丹等通过文献调研融合算法素养的功能型与解释型两大定义来阐释算法素养概念[15]，基于此定义并对算法素养的功能作了详细介绍；夏苏迪等基于“以人为中心AI”和“核心素养”框架、立足算法实践中的利益相关主体界定算法素养内涵[16]，强调在特定情境下算法素养主要包括算法思维、算法态度和算法知识。算法素养的相关概念见表 1。

表 1 算法素养相关概念

Table 1 Algorithm literacy related concepts

研究对象	概念解释	参考文献
算法素养	算法素养包括对算法认识和知识、对算法应用的批判性评估、对算法的应对行为以及对算法的创建和设计能力。	Leyla Dogruel 等[13]
	算法素养包括用户对算法的理解、交互、批判性思考及应用算法的能力。	Koening[14]
	是算法的意识、知识、想象和策略的组合。	Swart J[17]
	理解并推理算法及其过程、认识并解释算法在系统中的应用、创建并应用算法技术和工具解决问题、评估算法在社会、文化、经济和环境中的影响和作用、个人成为算法决策的共同参与者。	Ridley 等[18]

	具备感知、理解和使用算法的能力，能够正确使用算法产品并具备对算法社会的适应能力。	吴丹等[15]
	在特定情境下，不同算法利益相关主体依据特定的思维、态度和知识运用算法认识世界和改造世界。	夏苏迪等[16]
	在特定情境下，用户能够清醒意识到算法的存在，并综合知识、技能和思维解决实践中的问题。	邓胜利等[12]

基于前人研究，可以将算法素养概念归纳为描述类、工具类和情境类。描述类概念侧重用户对算法素养的意识、理解等理论层面；工具类概念强调将算法素养作为一种工具技术，辅助用户正确地使用算法；情境类概念注重情境的特殊性，综合算法知识、算法思维和算法技能等改造世界。综合三种类型的概念，笔者认为算法素养是指在特定情境下，用户意识到算法的存在、认识和理解算法、具备批判性思考算法的能力，正确使用算法产品以及运用算法解决现实问题的综合能力。

2.2 算法素养的特征归纳

OECD 认为核心素养的特点为：帮助社会和个体获得有价值的成果产出、帮助个体在多样化情境中满足重要需求、对每个人都有重要意义[19]，从功能论的角度阐释核心素养的特点；欧盟核心素养的理念为使全体欧盟公民具备终身学习能力，突出特点在于整合个人、社会和经济三方面的目标与追求[20]，具有整合性、跨学科性和可迁移性等特征[21]。于良芝等回顾国外信息素养的理论与实践变化将其归纳为普适技能范式、情境化能力范式、嵌入实践范式三种范式[22]，这也反映出信息素养的普适化、情境化和嵌入式特点，普适化强调对信息产品的标准化能力、情境化强调信息素养因情境与学科而不同、嵌入式强调信息素养的实践性。

系统梳理各类素养的特征、结合算法社会的时代特色、综合算法素养的内涵解释，将算法素养的特征归纳为整合性、时代性、迁移性与普遍性。整合性是指算法素养整合基础知识、基础技能、基础态度、基础思维、基础价值等多个基础性内容；迁移性是指算法素养以其他素养为基础，考虑时代环境的特色化不断向新维度拓展，用户在多样化情境中具备解决问题的能力；时代性是指算法素养诞生在数智时代，是以人工智能产品、服务的广泛应用为标志，是算法素养区别其他素养的核心特征；普遍性是指算法素养并非面向特定人群的素养，而是面向所有用户的通用素养，用户成为算法决策、算法设计、算法监督、算法向善的共同参与者，共同推动算法社会的进步。

2.3 算法素养的构成要素

算法素养作为信息素养等的延伸，其构成要素与信息素养的构成要素存在共通之处，在一定程度上可以作为算法素养构成要素的参照。诸多学者关于算法素养的构成要素多是从算法意识和算法知识两个维度展开论述，算法素养并非是单一元素而是复合要素的集合体，从多维度诠释算法素养的构成要素，有助于全面、系统、深入地了解算法素养。算法素养的具体构成要素见表 2。

表 2 算法素养的构成要素

Table 2 The components of algorithmic literacy

研究对象	构成要素	参考文献
算法素养	算法意识、算法知识	Leyla Dogruel 等[13]
	基本算法意识、批判意识和修辞意识	Koening[14]
	算法思维、算法态度和算法知识	夏苏迪等[16]
	算法意识、算法知识、算法策略	Swart J[17]
	算法技能、算法专业知识和算法意识	Ridley 等[18]
	算法意识、算法知识、算法技能、批判性思维以及算法社会准则	邓胜利等[12]

	算法意识与态度、算法知识、算法技能、算法规范	张涛等[23]
	算法透明性、感知公平性、感知责任感、算法可解释性	Shin[24]
	信息甄别批判能力、算法规则重构能力、公共社会对话能力	王燕格[25]

综合前人研究，算法素养的构成要素主要包括算法意识、算法知识、算法态度、算法能力与算法伦理五要素。算法意识主要指用户意识到算法的存在[13][17]、用户意识到算法在数字软件中的使用程度[26]、用户意识到算法存在的潜在风险；算法知识主要指用户了解算法的定义、相关概念并且了解算法的原理、功能等一系列基础知识[23]，用户掌握算法的工作原理[27]、算法的种类、特征、应用范围和用途等专业知识[12][23]；算法态度是指用户愿意学习算法知识、技能的意愿[28]，用户对算法使用和评估后的态度[23]；算法能力是指用户有效和高效地使用算法的能力以及对算法进行客观评价的能力，包括设计与开发算法的能力、将算法理论知识进行应用实践的能力、改进相关算法的能力以及客观评价算法对社会、文化、环境、经济等产生影响的能力[26]；算法伦理是指从社会道德角度出发，用户自身应该遵守算法规范与法律政策以及用户监督算法是否符合道德规范与规章制度。

3 构建算法素养层次框架

3.1 算法素养层次框架

如前所述，素养及核心素养集中在态度、知识和技能三方面，基于此本研究以态度、知识和技能作为算法素养层次划分基础、以伦理道德作为底线准则，整合算法素养的构成要素，构建算法素养的层次框架为认知态度层、知识储备层、技术能力层和伦理道德层，进一步阐释算法素养构成要素与层次框架间的关系。算法素养层次框架见表 3。

（1）认知态度层

认知态度层代表用户对算法的初步了解与认识、用户对算法的看法与态度，是用户对算法的第一印象。认知态度层主要包括算法存在意识、算法敏感意识、算法风险意识、算法学习态度及算法使用态度，算法意识的强弱程度决定用户能否感知算法的存在、有效分析算法与高效利用算法，影响着用户算法认知的建立，算法知识的学习，算法技能的提升，算法道德的遵守。

（2）知识储备层

知识储备层表明用户需要具备的算法知识背景、对算法相关知识的储备情况，主要包括算法基础知识和算法专业知识。用户根据算法资源教育、与算法交互过程中由浅入深地学习算法知识，明确算法运行的工作原理，知识储备层为用户有效和高效地应用算法打下坚实的基础。对于算法使用者，了解、熟悉算法基础知识即可；对于算法开发者，需要熟练掌握算法基础知识与算法专业知识、充分理解算法运行的底层原理。

（3）技术能力层

技术能力层体现用户对算法知识的应用能力，主要包括算法开发能力、算法应用能力、算法优化能力和算法评价能力。技术能力层一方面反映用户算法知识的掌握情况，另一方面考验用户的算法评价能力。用户针对特定情境需求或任务要求设计与开发、调控与优化算法的同时，也应具备客观评价算法表现、算法带来的积极影响与消极影响、算法产生影响的强度范围等能力。

（4）伦理道德层

伦理道德层是面向所有用户的算法伦理道德，引导用户坚持算法向善，维护算法网络环境，是用户与算法交互的底线准则。伦理道德层包括个人道德规范与社会道德规范。个人道德规范是从个人层面要求用户在使用算法时自觉遵守算法伦理道德；社会道德规范是从社会层面要求每个用户遵守算法法律规则，监督算法使用是否符合相应的算法法律政策以建设文明健康，传播主流价值观的算法环境。

表 3 算法素养层次框架

Table 3 Algorithm literacy hierarchy framework

层次结构	构成要素	内涵解释
认知态度层	算法存在意识	用户能够意识到数字应用软件中算法的存在
	算法敏感意识	用户能够意识到数字应用软件中是否使用了算法
	算法风险意识	用户能够意识到算法带来的潜在风险以及知道如何应对风险
	算法学习态度	用户学习算法知识、技能、工具等的意愿
	算法使用态度	用户对待算法使用的积极态度或消极态度
知识储备层	算法基础知识	用户掌握算法相关定义、原理、功能等基础知识
	算法专业知识	用户掌握算法编程语言、技术工具、模型等专业知识
技术能力层	算法开发能力	用户依据情境需求设计与开发算法的能力
	算法应用能力	用户将拥有的算法知识应用实践、解决现实问题的能力
	算法优化能力	用户调控、优化算法以提升算法运行效率、运行性能的能力
	算法评价能力	用户客观评价算法带来的正面影响和负面影响的能力
伦理道德层	个人道德规范	用户了解并自觉遵守算法道德规范和相关算法法律政策
	社会道德规范	用户自觉维护算法法律道德规范并监督算法是否符合其使用规范

3.2 算法素养层次关系

算法素养各个层次相互支撑、相互影响，共同组成算法素养的层次框架。其中，认知态度层作为算法素养层次框架的基础，影响着用户如何看待算法、对算法知识的学习意愿与掌握情况等；知识储备层作为算法素养层次框架的核心，为驱动用户熟练运用算法知识制定策略、应用算法技能、管理算法等发挥重要作用；技术能力层作为算法素养层次框架的关键，是用户与算法的近距离接触，对用户进行实践操作有着重要意义；在算法素养层次框架中，算法伦理道德层贯穿于整个体系，是用户从始至终需要自觉遵守并合力监督，确保正确的算法价值观引导用户的算法行为、确保用户的算法行为遵循正确的政策方向。算法素养层次关系如图 1 所示。

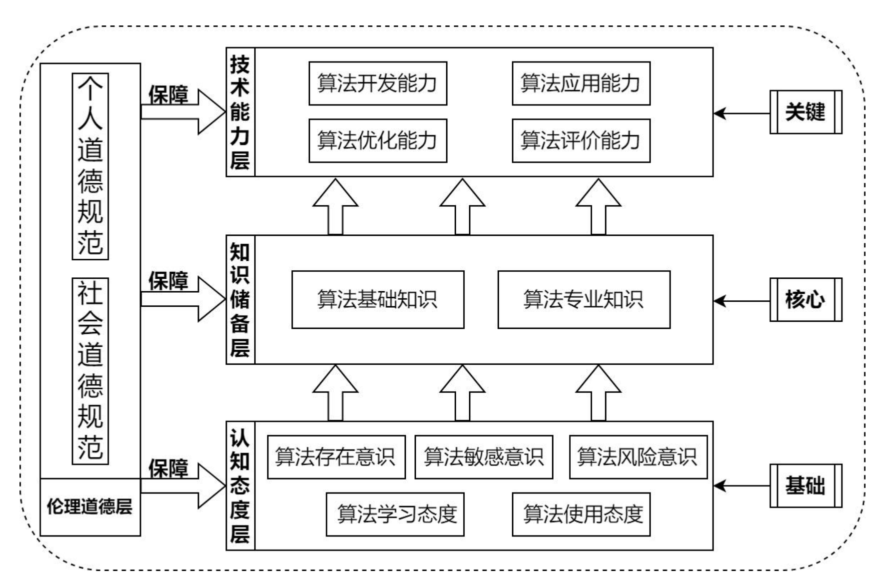


图 1 算法素养层次关系图

Figure 1 Algorithm literacy hierarchy diagram

4 搭建算法素养发展模型

厘清算法素养的构成要素与层次结构等内部构造，本研究将从多主体角度阐释如何促进算法素养由初期到长期的发展进程，融合层次框架与时间维度搭建算法素养发展模型。算法伦理道德全程嵌入算法素养发展模型中，多主体在认知态度、知识储备、技术能力中层层递

进。初期阶段，以正确认识算法为向导；中期阶段，注重算法相关知识的学习；长期阶段，则强调算法技术能力的应用。

利益相关者是影响目标实现或受到实现目标过程影响的全部个体和群体[29]，算法素养面向对象比较广泛，按角色定位可以划分为以企业为代表的算法设计者、以普通用户为代表的算法消费者、以政府为代表的算法监管者。由于图书馆在信息素养、数字素养等占据重要地位、发挥关键作用，因此也将图书馆纳入算法素养的主体成员之一，在不同阶段扮演不同角色。企业、政府、用户和图书馆作为算法素养的利益相关主体，为提升全民算法素养水平、弥合算法知识鸿沟的目标共同努力。算法素养的发展模型如图 2 所示。

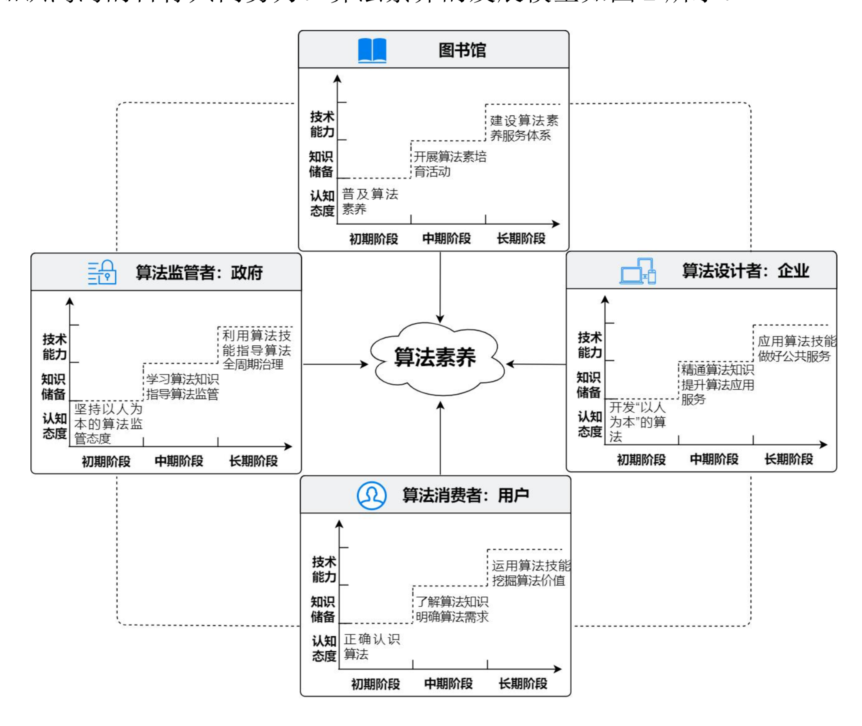


图 2 算法素养发展模型

Figure 2 Algorithm literacy development model

4.1 初期阶段：树立正确的算法认知态度

初期阶段的目的是以国家算法价值观为导向、以道德伦理为底线，帮助多主体客观认识算法，为进入下一阶段奠定基础。

（1）算法设计者-倡导“以人为中心、以算法为辅”的设计理念

算法并非客观中立的，算法设计者在无形中将自己的思想观念嵌入算法中，影响社会大众的认知导向，可能会加剧算法偏见、算法歧视等。在算法逻辑的顶层设计中，算法设计者应遵循国家价值导向、培养社会责任感、倡导技术理性与价值理性的融合，在设计、开发、部署、调试算法的过程中，树立“以人为中心、以算法为辅”的设计理念，明确人民福祉高于商业利益，负责任地开发算法、强调算法透明性等，利用算法为人类创造福祉与利益等。

（2）算法消费者-树立正确认识算法的态度

算法消费者在使用各种数字应用软件时，应意识到算法的存在，意识到数字软件中算法的使用程度，意识到算法风险的存在。算法已嵌入算法消费者的日常生活中，算法消费者不应一味排斥、抵触算法，而是学会与算法和谐共存，愿意学习算法相关的知识、工具、技术等，借助算法完成复杂高难度的任务等。同时算法消费者应具备批判思维，理性看待算法带来的积极影响与消极影响。

（3）算法监管者-坚持以人为本的算法监管态度

智能算法成为新的“守门人”“把关人”掌握着信息的可见性，逐渐取代人在算法中的

主体地位。作为算法监管者的政府，应坚持以人为本的算法监管态度，以算法价值观驯化算法技术，制定算法伦理与道德标准、算法安全监管政策，健全算法违法的问责机制、算法技术的监察手段等一系列公平公正、合法合道德的算法治理相关文件，维护人的主体地位与社会公共利益。

（4）算法宣传者-引导用户的算法认知导向

初期阶段，算法消费者可能不知道算法的存在、不清楚算法的衍生风险、不了解算法的功能性质，容易形成错误的价值观，遭受算法新型诈骗骗局，无法适应算法社会等。在该阶段，图书馆扮演宣传者、推广者的角色，普及算法素养及其相关概念，重在培养用户的算法认知态度，引导用户正确认识算法需求、算法伦理与算法价值，客观认识算法的正面效应与负面效应等。

4.2 中期阶段：掌握算法相关知识

中期阶段，算法利益相关主体树立正确的算法认知态度后，应主动学习、掌握算法相关知识，为下一步应用算法技术能力打下坚实基础。

（1）算法设计者-精通算法知识提升算法应用服务

算法设计者除精通算法专业知识外，还应学习算法相关的跨学科知识，如数学、计算机、社会学和法律等学科领域相关知识[30]，从复合型理论视角开发贴近用户使用习惯的算法应用，将算法的透明度显化为用户可理解的算法应用选项，增强算法技术的可解释性，提高用户的算法应用体验。同时给予算法消费者算法自主权和信息隐私权，算法消费者自主决定是否同意个体数据被算法收集、是否同意个体数据被算法使用。

（2）算法消费者-了解算法知识明确算法需求

算法消费者了解、熟悉算法相关知识有助于其在算法交互过程中掌握主动权，发挥个体的主观能动性。算法消费者在高难度、多线程、复杂化任务等外在情境刺激下，觉知、识别、理解、明确算法需求，在心理层面产生学习算法知识以提高自身算法素养能力的需要。算法消费者在系统学习算法知识过程中，了解算法语句间的逻辑关系、了解不同类型算法的功能作用，熟练掌握使用算法服务、产品的知识与操作步骤，提高算法决策的准确性。算法消费者也应了解隐私权等相关知识，避免算法产品及服务侵犯自己的隐私信息。

（3）算法监管者-学习算法知识指导算法监管

政府作为算法监管者，一方面通过发布算法知识文章、公开算法平台用户协议、颁布算法政策规范等方式[31]，辅助算法消费者学习算法知识，了解各算法服务平台的功能与特性，参与算法公平性，加大力度宣传算法知识；另一方面应加强政府部门自身对算法知识及相关领域知识的学习，如学习计算机、法律、心理学、行为科学、算法知识产权保护等跨领域知识，设立算法规章准则指导处理算法歧视、算法偏见、算法不透明度等问题，设立算法公开制度保护算法公开后的知识产权，保护算法设计者的算法商业机密，激发算法设计者的算法创新热情。

（4）算法教育者-熟悉算法知识开展算法素养培育活动

中期阶段，图书馆扮演算法教育者的角色。在该阶段，图书馆提供相应的算法素养技术与环境空间支持开展算法素养教育培训讲座、举办算法素养研讨会、开设体验式课程与创客空间，为不同年龄阶段和知识背景的用户提供合适的算法学习环境与资源。用户对算法有一定了解后，图书馆构建算法素养教育体系与算法素养评价指标体系，建设算法素养能力评测平台、研制算法素养主题题库，用户在该平台上通过自测方式判断算法知识、技术工具与方法等掌握情况；图书馆通过以赛促学的方式组织算法素养大赛，锻炼用户的问题解决能力与创新能力等；图书馆通过打卡、寻宝、闯关等游戏化方式嵌入用户算法学习过程，增加用户的多样化体验。

4.3 长期阶段：具备应用算法技术的能力

长期阶段，算法利益相关主体在树立正确的算法价值导向、掌握算法相关知识后，进入算法技术能力应用阶段。

（1）算法设计者-应用算法技能做好公共服务

作为算法生产者的企业，应坚持算法向善向上的研发理念。在算法设计过程中，充分调研用户在多情境中的算法需求，以提高算法易用性、有用性与价值性为目标，以国家主流价值观与算法负责制为导向，以算法行业的规范要求为自我约束，将算法开发、部署、应用、决策建立在社会公共利益基础之上。算法设计者应用算法技术能力确保用户掌握算法隐私知情权、算法使用控制权，提高算法在人机交互中的可理解性、透明性与信任度，做好国家、社会与公民的算法产品服务工作。

（2）算法消费者-运用算法技能挖掘算法价值

作为算法消费者的用户，应强化自身的算法感知能力、算法辨识能力、算法管理能力、驾驭算法工具的能力等。用户对算法价值的感知、识别与认同，激发用户发挥主观能动性去探索以算法驱动为主的数字产品，提高算法辨析能力，最大化地利用算法本身价值及算法衍生价值。用户在感知、识别、发现与挖掘算法价值时应合理解析算法与算法产品的生成内容，具备一定的批判思维去理性看待算法价值的偏见源头、辩证性地看待人机关系，保持对算法产品生成内容的警惕与思考意识，提高对算法产品与工具的驾驭能力。

（3）算法监管者-利用算法技能指导算法全周期治理

在整个算法生命周期，算法监管者利用算法技能进行算法问责、算法审计、算法监督等审查工作，明确各算法利益相关主体的权利、义务与责任，健全多主体共治的算法治理体系，形成企业行业自治、用户监督、政府监管的内部外部双循环治理，提高算法监管者在算法治理中的专业性、权威性。

（4）算法引领者-建设算法素养服务体系

长期阶段，图书馆则扮演合作者、引领者的角色。在该阶段，图书馆应建设完善的算法素养服务体系、算法知识终身学习框架、算法素养终身培养体系，借助图书馆的馆员、技术、资源等开展面向算法素养相关项目的全流程服务。由于图书馆的单一力量较薄弱，图书馆可以联合政府部门、企业与其他图书馆合作开展算法素养终身学习计划项目，共同制定算法素养相关的政策标准，多主体协同促进算法素养的成功升维。

5 数智时代算法素养研究的未来展望

数智时代，算法素养是信息素养、数据素养等的延伸与发展，本文从算法素养的测量评估、算法素养的实证研究、关注算法素养的跨文化比较研究三方面为下一步研究提出思考。

5.1 算法素养的测量评估研究

用户的算法素养能力需要构建相应的指标体系或量表开发进行评估与衡量，算法素养的测评维度、测评内容、测评方式是未来算法素养研究的相关问题。测评维度方面，考虑将用户的认知、态度、思维等主观思想纳入评估范围；测评内容方面，针对用户的算法角色，研制算法素养题库，设计不同的测量内容，并不断更新题库题目；测评方式方面，在常规化的考试、问卷、竞赛等方式外，开发算法素养能力测评平台或算法素养测评小程序，融入游戏化测评方式增加用户体验，做到随时随地进行测评。

依据用户算法素养的评估结果，分对象、分层次、分地区地开展算法素养教育，从普通用户到专业用户的全面化参与、从基础教育到高等教育的全覆盖模式、从偏远地区到发达地区的全体系建设，是未来政府、企业、图书馆实施算法素养教育面临的挑战。

5.2 算法素养的实证研究

目前国内算法素养的相关研究多停留在理论研究方面，对算法素养的实证研究相对较少。在未来的研究中，可以通过选择某一用户群体、采用合适的实证方法、设计实证研究方案、开展实践应用项目等验证算法素养理论模型的有效性与可靠性。例如，可以结合访谈法

与问卷调查法探究大学生群体、信息弱势群体、算法生产者、算法监管者等用户的算法素养水平；通过质性研究方法或实验法探究算法素养的影响因素与形成机理等。根据实证研究结果，有针对性地制定算法素养的培训计划与教育方案，提高用户的算法素养水平，以更好地适应数智时代的机遇与挑战。

5.3 算法素养的跨文化比较研究

目前德国、美国、荷兰、挪威等国家开展了算法素养的实证研究，不同国家和地区的文化背景和技术发展水平对算法素养的理论构建和应用实践存在差异性。在未来的研究中，可以尝试对不同国家算法素养进行跨文化比较研究，了解不同文化背景下算法素养的共性与差异。例如，通过文献综述、深度访谈、实地考察等方法客观比较不同国家和地区的算法素养发展状况与应用情况，以及在算法素养培训计划、教育政策、实践应用等方面的异同点，有助于促进不同国家和地区算法素养利益相关者之间的交流与合作，共同推动算法素养的可持续发展与应用。

6 结语

“算法泛在”与“算法主导”的数智时代，技术环境的更新迭代在一定程度上推动社会数字化的转型升级，对人们适应算法社会的发展提出了新的素养能力要求，算法素养的出现恰逢其时。厘清算法素养的内涵与构成要素等是深入探究算法素养整体结构的基础，本文进一步构建算法素养的层次框架和发展模型，并从算法素养的测量评估、实证研究与跨文化比较研究三方面展望算法素养的发展。未来，对算法素养将从理论探究走向实证研究，验证理论框架的可行性，为提升用户算法素养水平提供参考与借鉴。

参考文献

[1] Gillespie T. The Relevance of Algorithms[C] //Gillespie T, Boczkowski P J, Foot K A, et al. Media Technologies: Essays on Communication, Materiality, and Society. Cambridge: The MIT Press,2014:167.

[2] Kitchin R. Thinking critically about and researching algorithms[J]. Information, communication & society, 2017, 20(1): 14-29.

[3] Eslami M, Rickman A, Vaccaro K, et al. " I always assumed that I wasn't really that close to [her]" Reasoning about Invisible Algorithms in News Feeds[C]//Proceedings of the 33rd annual ACM conference on human factors in computing systems. 2015: 153-162.

[4] Dwivedi Y K , Hughes L , Ismagilova E ,et al. Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy[J].International Journal of Information Management, 2021, 57:101994.

[5] 国家互联网信息办公室.关于印发《关于加强互联网信息服务算法综合治理的指导意见》的通知[EB/OL].(2021-09-29)[2023-11-29]. http://www.cac.gov.cn/2021-09/29/c_1634507915623047.htm.(Cyberspace Administration of China. Notice on the issuance of "Guiding Opinio-ns on Strengthening the Comprehensive Management of Internet Information Service Algo-rithms"[EB/OL].(2021-09-29)[2023-11-29]. http://www.cac.gov.cn/2021-09/29/c_1634507915623047.htm.)

[6] 国家互联网信息办公室.互联网信息服务算法推荐管理规定[EB/OL].(2022-01-04)[2023-11-29]. http://politics.people.com.cn/n1/2022/0104/c1001-32323657.html (Cyberspace Administration of China. Internet information service algorithm recommendation management regulations[EB/OL].(2022-01-04)[2023-11-29]. http://politics.people.com.cn/n1/2022/0104/c1001-32323657.html)

[7] 张华. 论核心素养的内涵[J]. 全球教育展望, 2016,45(04): 10-24.(ZHANG H. On the Connotations of A Key Competence[J]. GLOBAL EDUCATION, 2016,45(04): 10-24.)

[8] Gordon J, Halász G, Krawczyk M, et al. Key competences in Europe: Opening doors for

lifelong learners across the school curriculum and teacher education[J]. CASE network Reports, 2009(87):36-41.
[9] 施久铭. 核心素养:为了培养“全面发展的人”[J]. 人民教育, 2014(10): 13-15.(SHI J M. Core literacy : in order to cultivate “all-round development of people”[J]. People’s Education, 2014(10):13-15.)
[10] OECD.The definition and selection of key compentencies[Executive Summary][EB/OL].[2023-12-01].https://www.oecd.org/pisa/35070367.pdf
[11] 高益民, 王希彤, 李宗宸. 面向核心素养的安倍课程改革[J]. 外国教育研究, 2021,48(02): 18-32.(GAO Y M, WANG X T, LI Z C. Abe Curriculum Reform Towards Key Competencies[J]. Studies in Foreign Education,2021,48(02):18-32.)
[12] 邓胜利, 许家辉, 夏苏迪. 数字环境下大学生算法素养评价体系及实证研究[J]. 图书情报工作, 2023,67(02): 23-32.(DENG S L, XU J H,XIA S D. Evaluation System and Empirical Research on Algorithm Literacy of College Students in Digital Environment[J]. Library and information service, 2023,67(02):23-32.)
[13] Dogruel L. What is algorithm literacy? A conceptualization and challenges regarding its empirical measurement[J]. Algorithms and Communication, 2021, 9: 67-93.
[14] Koenig A. The algorithms know me and i know them: using student journals to uncover algorithmic literacy awareness[J]. Computers and Composition, 2020, 58: 102611.
[15] 吴丹, 刘静. 人工智能时代的算法素养：内涵剖析与能力框架构建[J]. 中国图书馆学报, 2022,48(06): 43-56.(WU D, LIU J. Algorithmic Literacy in the Era of Artificial Intelligence: Connotation Analysis and Competency Framework Construction[J]. Journal of Library Science in China, 2022,48(06):43-56.)
[16] 夏苏迪, 邓胜利, 付少雄, 等. 数智时代的算法素养：内涵、范畴及未来展望[J]. 图书情报知识, 2023,40(01): 23-34.(XIA S D, DENG S L, FU S X, et al. Algorithm Literacy in Digital and Intelligence Era: Connotation, Category and Prospect[J]. Document, Information& Knowledge, 2023,40(01): 23-34.)
[17] Swart, J. Experiencing Algorithms: How Young People Understand, Feel About, and Engage With Algorithmic News Selection on Social Media[J]. Social Media + Society,2021, 7(2):1-11.
[18] Ridley M, Pawlick-Potts D. Algorithmic literacy and the role for libraries[J]. Information technology and libraries, 2021, 40(2):1-15.
[19] 李艺, 钟柏昌. 谈“核心素养”[J]. 教育研究, 2015,36(09): 17-23.(LI Y, ZHONG B C. Exploration on Key Competencies[J]. EDUCATIONAL RESEARCH, 2015,36(09):17-23.)
[20] 裴新宁, 刘新阳. 为 21 世纪重建教育——欧盟“核心素养”框架的确立[J]. 全球教育展望, 2013,42(12): 89-102.(PEI X N, LIU X Y. Reconstructing Education for 21st Century: The Establishment of EU Key Competences[J]. GLOBAL EDUCATION, 2013,42(12):89-102.)
[21] 刘新阳, 裴新宁. 教育变革期的政策机遇与挑战——欧盟“核心素养”的实施与评价[J]. 全球教育展望, 2014,43(04): 75-85.(LIU X Y, PEI X N. Policy Opportunities and Challenges in Educational Change: Implementation and Evaluation of Key Competences[J]. GLOBAL EDUCATION, 2014,43(04): 75-85.)
[22] 于良芝, 王俊丽. 从普适技能到嵌入实践——国外信息素养理论与实践回顾[J]. 中国图书馆学报, 2020,46(02): 38-55.(YU L Z, WANG J L. From Context－independent Skills to Embedded Practice: A Review of Information Literacy Research and Practice[J]. Journal of Library Science in China, 2020,46(02): 38-55.)
[23] 张涛, 汪颖, 马海群, 等. 数智环境下社交媒体用户算法素养评价指标体系构建研究[J]. 情报理论与实践, 2024,47(02):29-35. (ZHANG T, WANG Y, MA H Q. Research on the Construction of the Evaluation Index System of Social Media Users' Algorithmic Literacy in the Digital Intelligence Environment[J]. Information Studies: Theory & Application, 2024,47(02):29-35.)
[24] Shin D. How do people judge the credibility of algorithmic sources?[J]. AI & SOCIETY, 2022,37(1):81-96.
[25] 王燕格. 算法素养的成因、内涵及行动[J]. 科技传播, 2022,14(11): 55-57.(WANG Y G.

The causes, connotation and action of algorithm literacy[J]. Public Communication of Science & Technology, 2022,14(11): 55-57.)
[26] Dogruel L, Masur P, Joeckel S. Development and validation of an algorithm literacy scale for internet users[J]. Communication Methods and Measures, 2022, 16(2): 115-133.
[27] Cotter K, Reisdorf B C. Algorithmic Knowledge Gaps: A New Dimension of (Digital) Inequality[J]. International Journal of Communication, 2020, 14: 745-765.
[28] 钱冬明, 周雨萌, 廖白舸, 等. 大学生信息素养评价标准研究——以上海市为例[J]. 中国高教研究, 2022(09): 53-59.(QIAN D M, ZHOU Y M, LIAO B G, et al. Concept, Connotation and Evaluation Standards of Information Literacy: A Case Study on University Students in Shanghai[J]. China Higher Education Research, 2022(09): 53-59.)
[29] 李萧薇, 刘铁忠, 张湖波, 等. 公众社区参与意愿对危化品危害利益相关者感知的影响[J]. 管理评论, 2020,32(01): 298-308.(LI X W, LIU T Z, ZHANG H B, et al. The Influence of Community Involvement Intention to Stakeholder Perception for Threats of Hazardous Chemicals[J]. Business Review, 2020,32(01): 298-308.)
[30] 陈思. 算法治理:智能社会技术异化的风险及应对[J]. 湖北大学学报(哲学社会科学版), 2020,47(01): 158-165.(CHEN S. Algorithmic Governance : Risks and Countermeasures of Technological Alienation in Intelligent Society[J]. Journal of Hubei University(Philosophy and Social Science), 2020,47(01): 158-165.)
[31] 万欣荣, 陈珂. 算法意识形态下舆论偏见的形成与治理[J]. 南昌大学学报(人文社会科学版), 2022,53(06): 51-59.(WAN X R, CHEN D. Formation and Governance of Public Opinion Bias under Algorithmic Ideology[J]. Journal of Nanchang University,2022,53(06): 51-59.)

作者贡献声明：李永明，提出选题、框架设计与论文修改。董盼盼，论文撰写与论文修改。

Algorithm literacy in the era of digital intelligence : constituent elements, hierarchical framework and development model

Li Yongming[1] Dong Panpan[1]

1.School of Information Management, Shandong University of Technology, Zibo 255000

Abstract:[Purpose/Significance] The change of technology environment in the era of digital intelligence puts forward new requirements for users ' personal literacy ability. Improving algorithm literacy helps users adapt to the development of algorithm society.[Method/Process] This paper systematically sorts out the development context of algorithmic literacy, analyzes the conceptual connotation of algorithmic literacy, summarizes the main characteristics of algorithmic literacy, refines the constituent elements of algorithmic literacy, takes algorithmic ethics as the bottom line, and takes cognition, attitude and skill as the division standard to construct the hierarchical framework of algorithmic literacy, and combines the hierarchical framework and time dimension to build the development model of algorithmic literacy.[Result/Conclusion] Algorithm literacy is composed of algorithm awareness, algorithm knowledge, algorithm attitude, algorithm ability and algorithm ethics. The five elements are integrated to form an algorithm literacy framework including cognitive attitude layer, knowledge reserve layer, technical ability layer and ethical and moral layer. Multi-agent collaboration builds a development model of algorithm literacy.

Keywords: Algorithm literacy; core literacy; constituent elements; hierarchical framework; development model